

## Vacuum vapour deposition unit - esp. for thin film deposition in microelectronics

### Vacuum vapour deposition unit - esp. for thin film deposition in microelectronics

Patent Number: DE3941110

Publication date: 1990-06-28

Inventor(s): CERNYSOV ANATOLIJ IVANOVIC (SU); RUDNEV VLADIMIR VLADIMIROVIC (SU); IVANOV ALEKSANDR SERGEEVIC (SU); IVANOV ANATOLIJ LEONIDOVIC (SU)

Applicant(s): RIF O/Z MIKROELEKTRONIKI (SU)

Requested Patent:  DE3941110

Application Number: DE19893941110 19891213

Priority Number(s): SU19884657562 19881219

IPC Classification: C23C14/24

EC Classification: C23C14/24; C23C14/56

EC Classification: C23C14/24; C23C14/56

Equivalents:

#### Abstract

Vacuum vapour deposition mixt. includes a vacuum chamber (1) contg. one or more evaporators (2), a substrate heater (6), a substrate holder (7) on a table (9), and a delivery chamber (11) for placing substrates on the holder.

The novelty is that (i) the table (9) is fixed in the vacuum chamber (1); (ii) the delivery chamber (11) is mounted directly on the vacuum chamber (1); (iii) the substrate heater (6) is installed in a vacuum closure (4) which can be reciprocated relative to the substrate holder (7) within the vacuum chamber (1); and (iv) each evaporator (2) is fitted on a reciprocable rod (3) allowing reciprocating motion relative to the substrate holder (7).

USE/ADVANTAGE - The unit is esp. useful for vapour deposition of thin films in the electronics industry. It allows maximal proximity of the substrate heating and cleaning zones and the deposition zone without requiring devices for moving the substrate holder table and allows vapour deposition in the hot zone with temps. control, thus improving film quality and reproducibility.

(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift  
(11) DE 3941110 A1

(51) Int. Cl. 5:  
C23C 14/24

DE 3941110 A1

(21) Aktenzeichen: P 39 41 110.9  
(22) Anmeldetag: 13. 12. 89  
(43) Offenlegungstag: 28. 6. 90

(30) Unionspriorität: (32) (33) (31)  
19.12.88 SU 4657562

(71) Anmelder:  
Opytnyj Zavod Mikroelektroniki »RIF«, Voronež, SU  
(74) Vertreter:  
Nix, F., Dipl.-Ing. Dr.jur., Pat.-Anw., 6200 Wiesbaden

(72) Erfinder:  
Černyšov, Anatolij Ivanovič; Rudnev, Vladimir Vladimirovič; Ivanov, Aleksandr Sergeevič; Ivanov, Anatolij Leonidovič, Voronezh, SU

(54) Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten

Die Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten auf Substraten (8) enthält eine Vakuumkammer (1) mit einem sich auf- und abwärts bewegenden Vakuumverschluß (4), der eine kontinuierliche Aufrechterhaltung eines Hochvakums in der Vakuumkammer (1) gewährleistet. Zur Zerstäubung eines Stoffes ist in der Vakuumkammer (1) mindestens ein Verdampfer (2) vorhanden. Im oberen Teil des Vakuumverschlusses (4) befindet sich ein Heizer (6) zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Temperatur des Substrates (8) während des Aufstäubens. Der Verdampfer (2) ist an einer Stange (3) mit Möglichkeit einer hin- und hergehenden Bewegung längs des Halters (7) in der Horizontalebene angebracht.

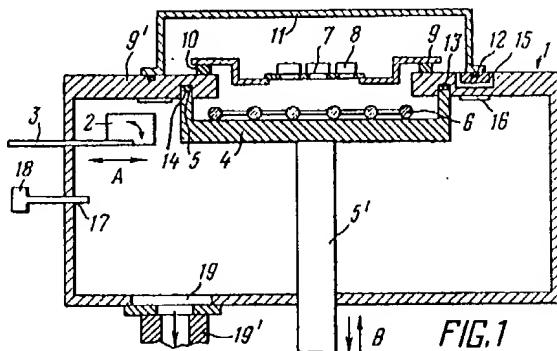


FIG. 1

DE 3941110 A1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Mikroelektronik, insbesondere auf die Technologie des Aufbringens von dünnen Schichten, nämlich auf eine Einrichtung zum Aufdampfen von Schichten.

Die Einrichtung kann in der elektronischen Industrie bei der Schaffung von Halbleiterbauelementen, integrierten Schaltungen und Geräten der funktionalen Elektronik angewandt werden.

Es ist eine Einrichtung zum Aufdampfen von Schichten auf Substrate bekannt (SU, A, 7 96 248), die einen Aufdampfstoff-Verdampfer und einen Halter für Substrate, auf welche der Stoff aufgebracht wird, enthält. An der äußeren Seitenfläche des Halters für Substrate ist ein Gassammler befestigt, der mit einem System zur Reaktionsgaszufuhr verbunden ist. Der Aufdampfstoff-Verdampfer stellt eine Quelle von beschleunigten Ionen des auf das Substrat aufzubringenden Materials dar und schießt eine zylindrische Kathode, eine Ringanode und eine Magnetspule ein. Der Halter für Substrate ist gleichachsig mit der Kathode angeordnet. Bei der Zuführung des elektrischen Stroms zum Halter für Substrate und zum Aufdampfstoff-Verdampfer wird in der Aufdampfzone der Schicht ein Plasma angeregt, und es findet infolge einer plasmachemischen Reaktion das Aufdampfen des Materials auf die Substrate statt.

Allerdings gestattet diese Einrichtung es nicht, die Temperatur der Substrate während des Aufdampfens einer Schicht auf dieselben zu überwachen. Die Erwärmung der Substrate während des Aufdampfens geschieht durch Einwirkung des Plasmas, und eine derartige Erwärmung ist instabil und nicht steuerbar. Alles das führt dazu, daß es unmöglich ist, die Eigenschaften von aufzudampfenden Schichten erneut zu reproduzieren.

Das Fehlen einer Vorreinigung der Substrate führt zum Auftreten von Defekten (wie Porosität, fremde schädliche Bestandteile) in der Schicht.

Somit erlaubt diese Einrichtung es nicht, Schichten von hoher Qualität zu erhalten.

Bekannt ist eine Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten (P. V. Makhrin u. a. "Aggregat zum Aufbringen dünner Schichten von Mehrkomponentenlegierungen durch Magnetron-Zerstäubung", 1980, Verlag TSNII "Elektronika" (Moskau), S. 54), enthaltend eine Vakuumkammer mit einem darin untergebrachten Aufdampfstoff-Verdampfer, der eine Aufdampfzone bildet, und einen Halter für Substrate, der auf dem Tisch eines Planetenkarussells befestigt ist. Über dem Planetenkarussell sind außerhalb der Vakuumkammer eine Aufgabekammer und eine Kammer mit Heizern für Substrate montiert, welche eine Aufgabe- und eine Heizzone bilden.

In dieser Vakuumeinrichtung wird der auf dem Tisch befindliche Halter mit Substraten mittels Vorrichtungen zum Bewegen des Karussells aus der Aufgabezone in die Heizzone und dann in die Aufdampfzone aufeinanderfolgend zugeführt. Die Heizzone und die Zone des Aufbringens von Schichten auf Substrate sind räumlich getrennt, weshalb das Vorhandensein der Vorrichtungen zum Bewegen des Tisches und die Arbeit derselben während des Aufdampfens Verunreinigungen in Form von Metallstaub erzeugen. Außerdem ist es bei dieser Einrichtung ebenso wie bei er eingangs beschriebenen unmöglich, eine Vorreinigung der Substrate durchzuführen, was eine Minderung der Qualität der erzeugten Schichten zur Folge hat.

Darüber hinaus wird in dieser Vakuumdichtung der

Prozeß des Aufbringens von Schichten auf Substrate mit unkontrollierter Temperatur durchgeführt, weil der Halter mit Substraten zuerst in der Heizzone erwärmt und dann in die Zone des Aufbringens von Schichten bewegt wird, wo die Aufrechterhaltung der vorgegebenen Temperatur der Substrate aufhört. Somit ist auch in diesem Fall praktisch die Möglichkeit zur erneuten Reproduzierbarkeit der Eigenschaften von Schichten nicht gegeben.

Der Erfundene Aufgabe liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten zu schaffen, bei der durch maximale Annäherung der Zonen der Erwärmung und Reinigung der Substrate und der Zone des Aufdampfens von Schichten auf Substrate die Notwendigkeit von Vorrichtungen zum Bewegen des Tisches entfällt, auf welchem sich der Halter für Substrate befindet, sowie die Möglichkeit besteht, die Bedampfung der Substrate in der Heizzone unter Kontrolle der Erwärmungstemperatur vorzunehmen, wodurch eine Erhöhung der Qualität der aufgedampften Schichten unter Ermöglichung der erneuten Reproduzierbarkeit ihrer Eigenschaften sichergestellt wird.

Die gestellte Aufgabe wird dadurch gelöst, daß in der Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten auf Substrate, enthaltend eine Vakuumkammer mit mindestens einem in derselben angeordneten Aufdampfstoff-Verdampfer, der eine Aufdampfzone bildet, einen Heizer für Substrate, der eine Heizzone bildet, einen Halter für Substrate, der auf einem Tisch zur Unterbringung in der Heizzone und in der Aufdampfzone angeordnet ist, und eine Aufgabekammer zum Legen der Substrate auf den Halter, erfundengemäß der Tisch in der Vakuumkammer unbeweglich befestigt ist, während die Aufgabekammer unmittelbar auf die Vakuumkammer aufsetzbar ist, wobei die Vakuumeinrichtung mit einem in der Vakuumkammer hin- und herbewegbar relativ zum Halter für Substrate angeordneten Vakuumschluss verschlossen ist, in dem der Heizer für Substrate installiert ist, während jeder Aufdampfstoff-Verdampfer mit Möglichkeit einer hin- und hergehenden Bewegung relativ zum Halter für Substrate an einer Stange zur kinematischen Verbindung mit dem Antrieb der Hin- und Herbewegung angebracht ist.

Es ist zweckmäßig, daß in der erfundengemäßen Vakuumeinrichtung zum Bedampfen von Substraten mit erhobener Oberfläche jeder Aufdampfstoff-Verdampfer mit der Stange mit Möglichkeit einer fixierten Drehung um einen Winkel von 45 bis 150° in der Vertikalebene verbunden ist.

Es ist sinnvoll, daß in der erfundengemäßen Vakuumeinrichtung der Tisch mit einem Isolierelement zur elektrischen Isolation von der Wand der Vakuumkammer ausgestattet ist und in der Wand der Vakuumkammer ein Kanal für die Führung eines Inertgases in die Aufgabekammer ausgeführt ist.

Es ist zulässig, daß in der erfundengemäßen Vakuumeinrichtung bei der Ausbildung des Vakuumverschlusses in Form eines Bechers in der Wand der Vakuumkammer gegenüber der Stirnseite des Bechers eine ringförmige Nut ausgeführt und ein Dichtelement vorhanden ist, welches in der ringförmigen Nut an deren Umfang zur Gewährleistung der hermetischen Abdichtung der Aufgabekammer und des Vakuumverschlusses in einer der Endstellungen desselben angeordnet ist.

Die vorgeschlagene Erfindung gestattet es, die Prozesse des Einbringens, der Erwärmung und Bedampfung der Substrate in einer und derselben Zone durchzuführen, wodurch es entbehrlich wird, den Tisch mit dem

Halter für Substrate aus einer Zone in die andere zu bewegen, was es möglich macht, ohne Vorrichtungen zum Bewegen des Tisches, auf dem sich der Halter für Substrate befindet, auszukommen und durch reibende Teile dieser Bewegungsvorrichtungen hervorgerufene Verunreinigungen mit Metallstaub zu beseitigen.

Außerdem erfolgt der Aufdampfprozeß in der Heizzone, was es erlaubt, das Aufdampfen auf das Substrat mit kontrollierbarer Erwärmungstemperatur vorzunehmen.

Durch diese Faktoren kann die Qualität der zu bedampfenden Substrate erhöht und die Reproduzierbarkeit ihrer Eigenschaften sichergestellt werden.

Diese und andere Vorteile der Erfahrung werden klarer aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung eines Ausführungsbeispiels derselben unter Bezugnahme auf die Zeichnungen. In diesen zeigt

Fig. 1 die Gesamtansicht der erfundungsgemäßen Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten auf Substrate während der Erwärmung und/oder Reinigung der Substrate (Längsschnitt);

Fig. 2 die Gesamtansicht der erfundungsgemäßen Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten auf Substrate während des Aufdampfens eines Stoffes auf die Substrate (Längsschnitt).

Die Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten auf Substrate hat eine Vakuumkammer 1 (Fig. 1), in deren Innerem ein Aufdampfstoff-Verdampfer 2 untergebracht ist, der beispielsweise in Form eines Magnetrons ausgeführt ist. Der Verdampfer 2 ist an einer Stange 3 befestigt, die in der Vakuumkammer 1 mit Möglichkeit einer hin- und hergehenden Bewegung (Pfeil A), im vorliegenden Fall in der Horizontalebene, angeordnet und mit einem (in der Zeichnung nicht gezeigten) Antrieb der Hin- und Herbewegung verbunden ist. In der Vakuumkammer 1 ist ebenfalls hin- und herbewegbar in der Vertikalebene (Pfeil B) ein Vakuumverschluß 4 in Gestalt eines Bechers mit Stirnseite 5 angeordnet, welcher auf einem Kolben 5' angebracht ist. Auf dem Vakuumverschluß 4 ist ein Heizer 6 für Substrate installiert, der beispielsweise in Form von Quarzlampe infraroter Strahlung ausgeführt ist. Die Vakuumeinrichtung enthält auch einen Halter 7, der Substrate 8 trägt und sich auf einem Tisch 9 gegenüber dem Heizer 6 für Substrate 8 befindet. Der Tisch 9 ist an einer Wand 9' der Vakuumkammer 1 unbeweglich befestigt und von dieser mit Hilfe eines Isolierelementes 10 elektrisch isoliert.

Auf derselben Wand 9' der Vakuumkammer 1 ist gegenüber dem Halter 7 für Substrate eine Aufgabekammer 11 aufgesetzt, die abnehmbar ausgeführt ist. Die Aufgabekammer 11 ist zum Ein- und Austragen der Substrate 8 vor dem Aufdampfen bzw. nach demselben bestimmt.

Das Isolierelement 10 gestattet es, dem Tisch sowohl Gleichspannung als auch Wechselspannung zuzuführen, um eine volle Reinigung der Substrate 8 sowohl vor dem Aufdampfen als auch während des Aufdampfens zu sichern. Die Aufgabekammer 11 und der Vakuumverschluß 4 bilden für die Zeit der Beschickung einen hermetischen Aufgaberaum. Die Dichtheit der Aufgabekammer 11 wird dank einem Dichtelement 12 erreicht, das zwischen der Aufgabekammer 11 und der Wand 9' der Vakuumkammer 1 angeordnet ist. Außerdem ist in dieser Wand 9' gegenüber der Stirnseite 5 des Vakuumverschlusses 4 eine ringförmige Nut 13 mit einem Dichtelement 14 ausgeführt, das am Umfang derselben angeordnet ist. Auf diese Weise wird die Dichtheit des Auf-

gaberaumes erreicht.

In der Wand 9' der Vakuumkammer 1 ist ein Kanal 15 für die Zuführung von Inertgas in die Aufgabekammer ausgeführt.

- 5 An der Innenfläche der Wand 9' der Vakuumkammer 1 sind in der Nähe der ringförmigen Nut 13 bewegliche Schirme 16 angebracht, die dazu dienen, eine Verstauung des Dichtelementes 14 während des Aufdampfens einer Schicht auf die Substrate 8 zu verhindern und ein 10 Undichtwerden der Vakuumkammer 1 beim erneuten Schließen des Vakuumverschlusses 4 zu vermeiden.

In der Seitenwand der Vakuumkammer 1 sind eine Öffnung 17 zum Einfüllen eines Betriebsgases, z. B. Argon, von einer Quelle 18 und eine Öffnung 19 zum Evakuieren des Hohlraumes der Vakuumkammer 1 über eine Rohrleitung 19' vorhanden.

In Fig. 2 ist die Vakuumeinrichtung während des Aufdampfens eines Stoffes auf die Substrate 8 dargestellt. Falls die Substrate 8 eine erhabene Oberfläche aufweisen, ist es erforderlich, daß das Aufdampfen von verschiedenen Seiten her erfolgt, wozu der Aufdampfstoff-Verdampfer 2 an der Stange 3 beweglich mit Möglichkeit einer Schwenkung in der Vertikalebene, die durch die Achse der Stange 3 geht, in diesem Fall also in der 25 Zeichnungsebene, angebracht wird. Die Schwenkung des Verdampfers erfolgt um einen fixierten Winkel  $\alpha$ , wobei der Wert des Winkels  $\alpha$  im Bereich der Werte von 45 bis 135° je nach der Art des Reliefs gewählt wird.

Die beweglichen Schirme 16 verdecken während des 30 Aufdampfens des Stoffes die Nut 13.

Bei der Notwendigkeit, mehrere Stoffe auf die Substrate 8 aufzubringen, können in der Vakuumkammer 1 zusätzliche Verdampfer (in den Zeichnungen nicht gezeigt), beispielsweise Magnetrone, installiert sein. Diese 35 zusätzlichen Verdampfer werden ähnlich wie vorstehend beschrieben angebracht, wobei die Bewegung der Stangen der zusätzlichen Verdampfer in verschiedenen Ebenen je nach der geforderten Technologie erfolgen kann.

40 Die Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten arbeitet folgenderweise.

Bei abgenommener Aufgabekammer 11 (Fig. 1) wird der Halter 7 mit den Substraten 8 auf den Tisch 9 gesetzt. Die Aufgabekammer 11 wird hermetisch verschlossen. Der Vakuumverschluß 4 befindet sich in der oberen Lage.

In der Vakuumkammer 1 wird durch Auspumpen der Luft über die Öffnung 19 ein Vakuum erzeugt, und der Vakuumverschluß 4 wird in die untere Lage (Fig. 2) gebracht. Hierbei wird ein ebensolches Vakuum in der Aufgabekammer 11 über dem Halter 7 für Substrate erzeugt. Danach wird der Heizer 6 eingeschaltet, der die Substrate 8 erwärmt. Gleichzeitig wird Spannung (Wechsel- oder Gleichspannung) dem Tisch 9 und der Aufgabekammer 11 zugeführt, während über den Kanal 15 in der Wand 9' Argon in den Raum zwischen der Aufgabekammer 11 und dem Tisch 9 zugeführt wird.

Auf diese Weise kommt gleichzeitig mit der Erwärmung der Substrate 8 deren Ionenreinigung dank einer Plasmaentladung zustande, die im Raum zwischen dem Halter 7 und der Aufgabekammer 11 entsteht. Dann führt man der Vakuumkammer 1 über die Öffnung 17 das Inertgas zu, schaltet man den Aufdampfstoff-Verdampfer 2 ein und bewegt mit Hilfe der Stange 3 den Verdampfer 2 längs des Halters 7 für Substrate. Dabei ist die Nut 13 in der Wand 9' der Vakuumkammer 1 durch die Schutzschirme 16 verdeckt, was eine Verstauung des Dichtelementes 14 verhindert.

Bei Erreichen der vorgegebenen Schichtdicke schaltet man den Verdampfer 2 ab und führt ihn in die Ausgangsstellung (Fig. 1) über. Den Vakuumverschluß 4 bringt man in die obere Endstellung, nachdem man zuvor die Schutzschirme 16 von der Nut 13 abgeführt hat. 5

Des weiteren wiederholt sich der Zyklus.

Somit sind bei der erfundungsgemäßen Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten die Arbeitsgänge der Beschickung, der Erwärmung der Substrate, der Reinigung der Substrate und des Aufdampfens der Schichten gekoppelt und werden in ein und demselben Raum ausgeführt. Hierbei sind mechanische Elemente zum Bewegen des Tisches, auf dem sich der Halter 7 für Substrate befindet, entbehrlich. Die Erwärmung der Substrate 8 erfolgt kontinuierlich während der Reinigung der Substrate 8 und des Aufdampfens von Schichten. Dies bietet die Möglichkeit, Schichten ohne fremde Bestandteile zu erhalten, und gewährleistet die Reproduzierbarkeit der Eigenschaften der Schichten und die Erzielung einer hohen Qualität der aufgedampften Schichten. 15 20

Überdies gestatten die erfundungsgemäßen konstruktiven Änderungen, eine Vakuumkammer begrenzten Volumens zu schaffen, was die Möglichkeit gibt, wirtschaftliche Mittel von geringer Leistung zur Vakuumerzeugung zu verwenden. 25

#### Patentansprüche

1. Vakuumeinrichtung zum Aufdampfen von Schichten auf Substrate, enthaltend eine Vakuumkammer (1) mit mindestens einem in derselben angeordneten Aufdampfstoff-Verdampfer (2), der eine Aufdampfzone bildet, einen Heizer (6) für Substrate, der eine Heizzone bildet, einen Halter (7) für Substrate, der auf einem Tisch (9) zur Unterbringung in der Heizzone und in der Aufdampfzone angeordnet ist, und eine Aufgabekammer (11) zum Legen der Substrate auf den Halter, dadurch gekennzeichnet, daß 30 35

- der Tisch (9) in der Vakuumkammer (1) unbeweglich befestigt ist;
- die Aufgabekammer (11) unmittelbar auf der Vakuumkammer (1) montiert ist, wobei
- die Vakuumeinrichtung mit einem in der Vakuumkammer (1) hin- und herbewegbar relativ zum Halter (7) für Substrate angeordneten Vakuumverschluß (4) versehen ist, in dem der Heizer (6) für Substrate installiert ist, während
- jeder Aufdampfstoff-Verdampfer (2) mit Möglichkeit einer hin- und hergehenden Bewegung relativ zum Halter (7) für Substrate an einer Stange (3) zur kinematischen Verbindung mit dem Antrieb der Hin- und Herbewegung angebracht ist. 50 55

2. Vakuumeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bedämpfung von Substraten (8) mit erhabener Oberfläche jeder Aufdampfstoff-Verdampfer (2) an der eigenen Stange mit Möglichkeit einer fixierten Drehung um einen Winkel ( $\alpha$ ) von 45 bis 150° in der Vertikalebene angeordnet ist. 60

3. Vakuumeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Tisch (9) mit einem Isolierelement (10) zur elektrischen Isolation von der Wand (9') der Vakuumkammer (1) ausgestattet ist und

— in der Wand (9') der Vakuumkammer ein Kanal (15) für die Zuführung eines Inertgases in die Aufgabekammer (11) ausgeführt ist.

4. Vakuumeinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Ausbildung des Vakuumverschlusses (4) in Form eines Bechers in der Wand (9') der Vakuumkammer (1) gegenüber der Stirnseite (5) des Bechers eine ringförmige Nut (13) ausgeführt und ein Dichtelement (14) vorhanden ist, welches in der ringförmigen Nut (13) an deren Umfang zur Gewährleistung der hermetischen Abdichtung der Aufgabekammer (1) und des Vakuumverschlusses (4) in einer der Endstellungen desselben angeordnet ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

**—Leerseite—**

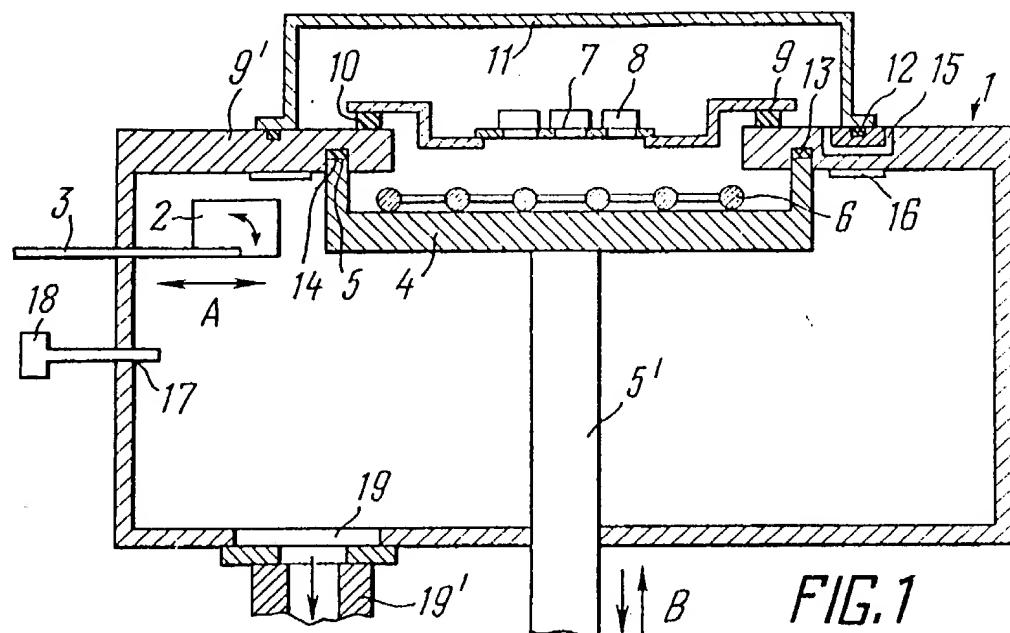


FIG. 1

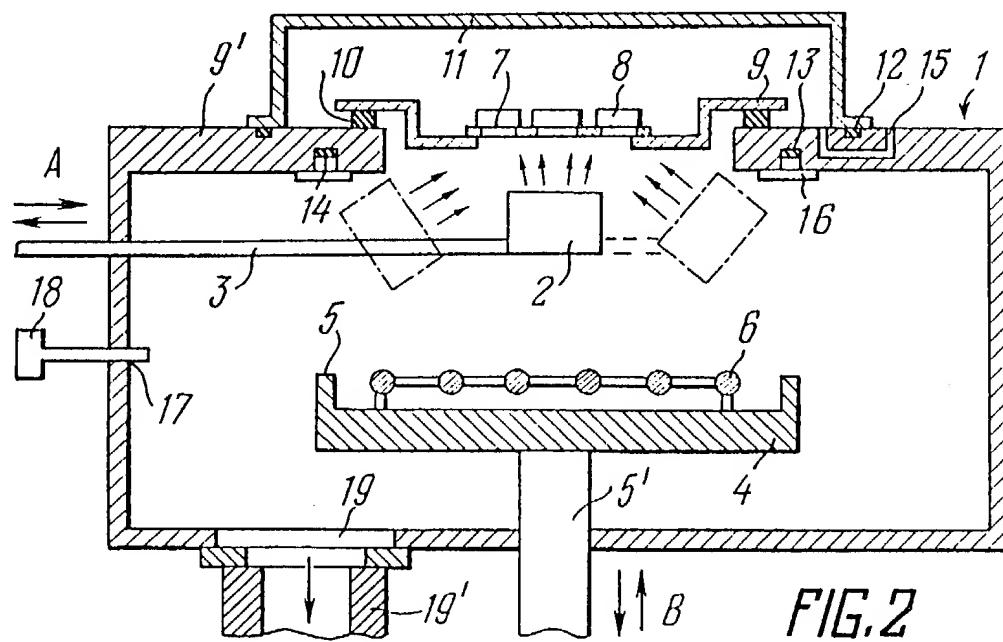


FIG. 2